

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.271.1

М.Е. Башинська, аспір.

Житомирський державний технологічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ СПОСОБІВ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ
РОЗСИПНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

(Представлено д.геол.н., проф. Підвисоцьким В.Т.)

Проведено аналіз світових запасів титану і способів їх видобування. Досліджено основні технологічні схеми розробки розсіпів та їх вплив на організацію гірничих робіт на прикладі філії «Іршанського ГЗК» ПрАП «Кримський титан».

Вступ. В Україні створена потужна сировинна база титану: сумарні запаси та перспективні ресурси розвіданих і підготовлених до розвідки родовищ повністю забезпечують потреби вітчизняної промисловості та значний експортний потенціал. Видобуток руд з отриманням титанових концентратів та їх переробка здійснює істотний вплив на розвиток економіки України в цілому. Так, частка титанової продукції складає більш ніж 20 % валютних надходжень від реалізації всіх кольорових металів України [5].

За даними Геологічної служби США на початок 2011 р. світові об'єми видобутку ільменіту в 2010 р. склали 5 млн. 800 тис. т, що на 400 тис. т більше ніж у попередньому році. В резерві налічується 650 млн. т покладів титанової руди. На рисунку 1 показано світові об'єми видобування руд з отриманням титанових концентратів за останні роки. Дані дослідження показали, що Україна є одним із ведучих продуцентів титану в світі і ведучим в СНД [12].

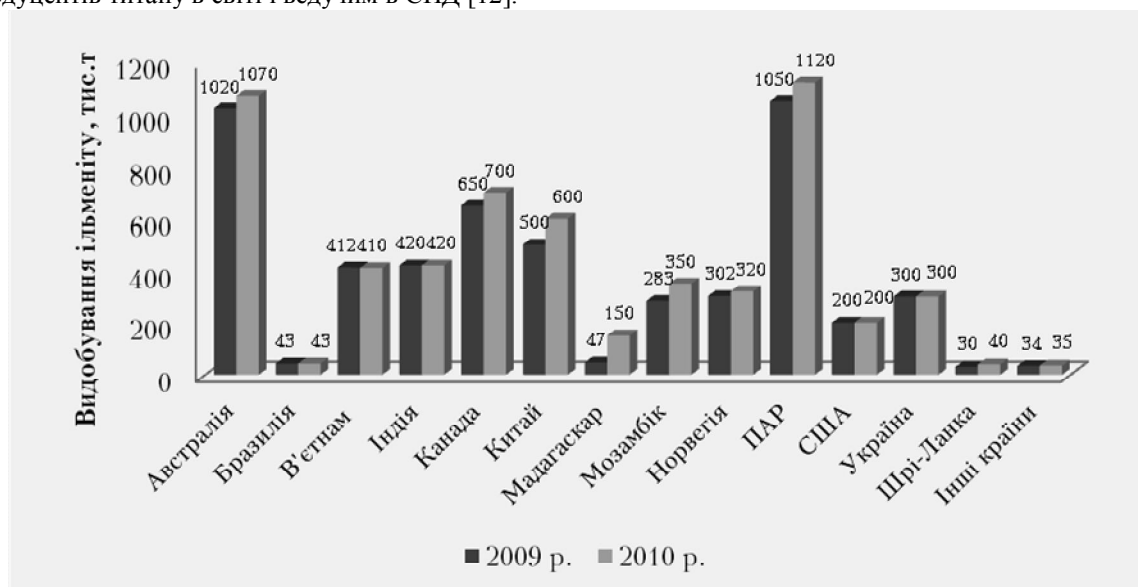


Рис. 1. Обсяги випуску ільменіту в світі за 2009–2010 рр.

Якість мінеральної сировини суттєво залежить від хімічних, фізичних і технологічних властивостей, що в сукупності з гірничо-геологічними умовами залягання покладів визначає промислову цінність родовища.

У теорії й практиці гірничих робіт одним з найважливіших і складних завдань є вибір раціонального способу розкриття родовища та технологічних схем розкривних та видобувних робіт. Від успішного вирішення цих завдань залежить економічність розробки родовища. Такі завдання вирішуються як на стадії проектування нових, так і при реконструкції діючих кар'єрів. Складність полягає в тому, що як і спосіб розкриття, так і вибір технологічних схем розкривних та видобувних робіт не можна розглядати ізольовано у відриві від системи розробки, умов залягання родовища, схеми транспортування тощо.

Для того, щоб видобування корисних копалин відбувалось з найменшою витратою праці і, щоб забезпечити найповніше використання запасів родовища, необхідно, щоб всі процеси, що пов'язані з видобуванням, відбувались у певній послідовності з застосуванням найбільш продуктивного транспорту

та обладнання за вдосконаленою технологією робіт, що ґрунтується на останніх досягненнях науки та виробництва.

Актуальність питання. Аналізуючи техніко-економічні показники видобування ільменіту встановлено, що найбільший вплив на його собівартість має якісний склад руди. При цьому слід враховувати, що не тільки підвищення вмісту корисного компонента покращує техніко-економічні показники, але й не менш важливу роль відіграє вибір способу розробки родовища. Технологічними особливостями розсипних родовищ ільменіту є складний і суттєво змінний характер умов розробки та якості корисних копалин, а також підвищена небезпека при виконанні основних технологічних процесів у кар'єрі в зв'язку з виникненням зсувів. Тому завдання обґрунтування раціонального способу розкриття родовища та технологічних схем розкривних та видобувних робіт є винятково складною й актуальною.

Аналіз вивченості питання. Питання вдосконалення технології відкритої розробки розсипних родовищ з метою підвищення ефективності управління гірничим виробництвом постає дуже гостро. Про це свідчать численні праці М.Г. Новожилова [6, 7], В.Г. Близнюкова, В.Ф. Бизова [1], Е.І. Єфремова [4], М.С. Четверика [11], Б.Ю. Собко [8, 9] та ін.

Викладення основного матеріалу досліджень. Основу сучасної рудної бази титану в світі представляють розсипні родовища, які складають 52 % загальних запасів, 65–70 % видобування, 67–73 % виробництва TiO_2 в концентратах. Більша частина запасів титанового потенціалу локалізована в прибережно-морських, а менша – в континентальних (алювіальних і алювіально-делювіальних) розсипищах [2].

З сучасних прибережно-морських розсипів рутил та ільменіт видобувають у Західній Австралії, Індії, Шрі-Ланці, Канаді, частково у Бразилії і США.

США на 50 % задовольняє потреби промисловості в ільменіті за рахунок підводної розробки розсипів Північної Америки (від Каліфорнії до Аляски на заході та від Флориди до Род-Айленда на сході), приурочених до пляжних і шельфових утворень. Розсипні морські родовища Австралії мають великий вміст циркону, рутилу та ільменіту. Наразі ці родовища активно відпрацьовуються. На території Шрі-Ланки (район Пулмоддай) видобування ільменіту відновлюється на одних і тих самих місцях кожні три роки.

При неглибокому заляганні корисної копалини (до 160 м) використовуються драги, обладнані підйомною лебідкою і черпаком-грейфером або ковшем на тросі. В морі черпак опускається на тросі лебідки, вривається в ґрунт і, зачерпнувши матеріал, піднімається наверх. Грейфери важкого типу за годину роботи вилучають до 1000 т ґрунту. Драги з ґрунтовими насосами використовують як на незначних, так і на великих глибинах (до 330 м).

На сучасному етапі розвитку техніки і технології підводне видобування корисних копалин може бути більш економічно вигідним, порівняно з материковим. Виключення з технологічного циклу буровибухових робіт, декількох стадій подрібнення та інших допоміжних операцій зменшує собівартість видобутої корисної копалини. Наприклад, багаторічний досвід розробки ільменіт-рутил-цирконових родовищ в Австралії показав, що при гідравлічній підводній розробці розсипних родовищ собівартість вилучених концентратів в 4–6 разів нижча ніж при наземній розробці. Однак, таке порівняння можливе лише за умови конкретних гірничо-технічних і гірничо-екологічних умов. Важливим аспектом є обґрунтування вибору раціональної схеми розробки в конкретних гірничо-геологічних умовах.

Запаси титану України зосереджені в різних за генезисом родовищах: магматогенних, залишкових та розсипних. Основою мінерально-сировинної бази титану є розсипи. Це обумовлює застосування практики відкритої розробки при відпрацюванні вітчизняних родовищ ільменіту. Розкриття їх здійснюється найчастіше способами, характерними для горизонтальних рудних, вугільних і нерудних родовищ. До основних способів розкриття розсипів відносяться: похилими загальними, окремими і груповими траншеями зовнішнього і внутрішнього (рідше) закладання, а також котлованами і канавами. Застосування зазначених способів характерно для більшої частини родовищ розсипів невеликої глибини залягання (від 2–5 м до 15–20 м) України.

Розробку ільменітових і циркон-рутил-ільменітових родовищ здійснюють відкритим способом на Іршанському ГЗК та Верхньодніпровському ГМК.

Іршанське родовище ільменіту створено при перемиванні каолінової кори вивітрювання Володарсько-Волинського габро-анортозитового масиву. Розсипи четвертинного віку зазвичай залягають у підморених пісках на межиріччі й терасах р. Ірші. Потужність їх 1–1,5 м, а вміст ільменіту вимірюється від десятків до 100–200 кг/м³.

Виробництво титану в Україні характеризуються залежністю від зовнішніх ринків. Причина цього – наявність значного потенціалу виготовлення первинної титанової сировини (губки) і відсутність потужностей відливу і прокату. В зв'язку з цим нагальною є потреба підвищення рівня конкурентоспроможності вітчизняного титанового концентрату.

Досліджуючи динаміку цін на титановий концентрат на Іршанському ГЗК за останні 10 років (рис. 2) визначили, що середня ціна реалізації збільшилась майже втричі. Підвищення реалізаційної ціни

пов'язано зі збільшенням собівартості видобування, отже актуальним є пошук шляхів зменшення ціни на продукцію, з метою підвищення її конкурентоспроможності.

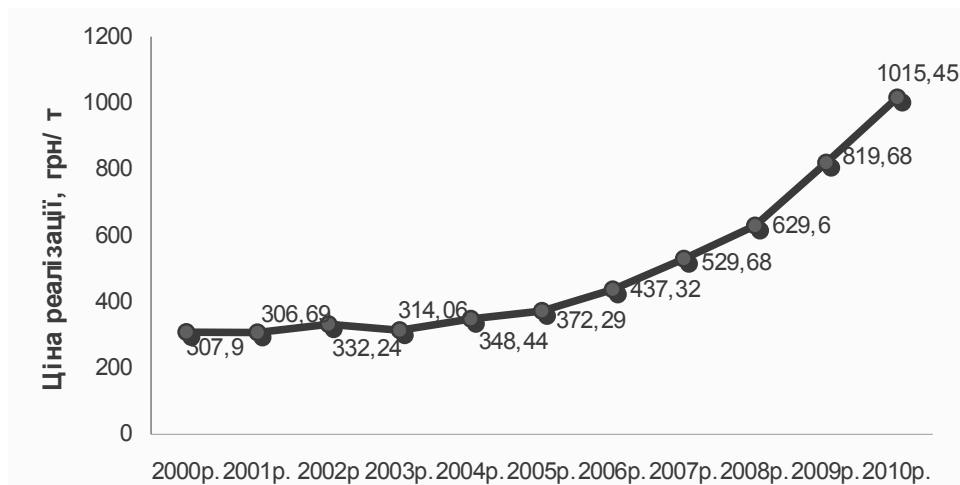


Рис. 2. Середня ціна реалізації TiO_2 на філії «Іршанського ГЗК» ПрАП «Кримський титан»

Проаналізувавши техніко-економічні показники видобування ільменіту встановлено, що найбільший вплив на його собівартість має якісний склад руди. При цьому слід враховувати, що не тільки підвищення вмісту корисного компонента покращує техніко-економічні показники, але й не менш важливу роль відіграє вибір способу розробки родовища.

Технологія, засоби механізації і способи виконання основних процесів видобувних робіт, що застосовуються на кар'єрах, значною мірою впливають на якість видобутої корисної копалини, на рівень витрат і розубожіння.

При виборі технологічної схеми розробки родовища необхідно забезпечити дотримання таких умов їхньої розробки:

- максимальне видобування корисної копалини при розробці розсипу з мінімальним порушенням земної поверхні;
- максимальну виробничу потужність гірничодобувного підприємства при мінімальних витратах на проведення гірничих робіт;
- максимальне видобування корисних мінералів при переробці природних розсипів з формуванням виробництва з відходів техногенних родовищ для їхньої розробки в майбутньому.

Неглибоке залягання продуктивних покладів на діючих кар'єрах Іршанського родовища (загальна виймальна потужність рідко перевищує 25 м), а також пухкий склад утворюючих порід обумовлюють відкритий спосіб розробки. Збагачення титанових руд здійснюється гравітаційними процесами на Іршанському гірничо-збагачувальному комбінаті.

Під час розробки розсипних родовищ слід розрізняти такі види гірничих робіт: попередні роботи, розкриття, підготовчі роботи, видобувні роботи та рекультивация.

Гірничі машини, що застосовують при розкривних роботах, визначають спосіб розкриву. Розрізняють бульдозерний, екскаваторний, гідравлічний та інші способи розкриву.

Кожен спосіб розробки розсипних родовищ визначає схему проведення очисних робіт. Технологія очисних робіт обумовлюється способом виймання пісків, системою розробки та рядом інших особливостей, притаманних роботам по видобуванню пісків.

Система розробки визначає прийнятий порядок ведення очисних та нарізних виробок. Від системи розробки залежить продуктивність обладнання та продуктивність праці на очисних роботах, витрати та розубожіння пісків при очисному видобуванні.

Роботи в забої можуть бути організовані поточним або циклічним способом. При поточній роботі в забої працює одна машина або один комплекс машин, які безперервно, за виключенням необхідного для їх обслуговування та переміщення часу, виконують виймання порід. Передовим методом такої організації робіт є швидкісна робота, наприклад, драг, роторних екскаваторів. Швидкісна робота покращує використання гірничих машин та збільшує продуктивність праці.

Піски, що доставлені до промивної установки, промивають у водному потоці. Самородні метали й мінерали, що мають велику питому вагу, відокремлюються з розмитих пісків і осаджуються в одному потоці. Після промивання осаджені частки з підвищеною питомою вагою – концентрат – піддають повторному промиванню (доведенню), і в результаті чого отримують самородний метал, кристали або високосортний 60–96 %-ий концентрат. Після чого ця продукція здається металургійним заводам за встановленими цінами.

Під час промивання звичайно не вдається осадити всі дрібні зерна корисної копалини, тобто повністю відокремити їх з пісків неможливо. Відокремлення корисної копалини на промивній установці багато в чому залежить від застосовуваного збагачувального обладнання. Промивання при розробці розсипів звичайно включають у комплекс розробки.

Хвости, що утворюються після промивання пісків, розміщують у відвали, причому технологія укладання обумовлена способом утворення відвалів.

Для безперервного видобування пісків необхідно, щоб всі стадії розробки виконувалися у визначеній послідовності, при цьому роботи кожної стадії повинні випереджати на певний період часу такі стадії. У початковий період розробки такий порядок витримується по всьому родовищу, потім окремі площі або частини родовища можуть знаходитися в різних стадіях розробки, тобто на одних площах проводяться роботи з розкриття, на інших підготовчі роботи, видобування пісків [7].

Ефективність схеми розкривних і видобувних робіт визначається показником ступеня концентрації гірничих робіт K_r , який представляє собою співвідношення мінімально допустимої площі робочої зони кар'єру за умовами стійкості його бортів і фактично досягнутої площі по технологічних умовах розробки, який можна визначити за виразом [8]:

$$\hat{E}_A = \frac{[(I_{\delta} + h_{e.e.}) \cdot (\text{ctg } \varphi + \text{ctg } \beta) + a] \cdot [L + 2H_p \text{ctg } \beta_{i.n.}]}{[(I_{\delta} + h_{e.e.}) \cdot (\text{ctg } \varphi_{\text{д.с.}} + \text{ctg } \beta_{\text{д.с.}}) + a] \cdot [L + 2H_p \text{ctg } \beta_i]}$$

де H_p і $h_{к.к.}$ – відповідно потужності розкриття й корисної копалини, м; a – відстань між нижніми брівками видобувного уступу й відвалу, м; L – довжина робочої зони, м; φ і β – відповідно стійкі кути схилів робочого борту кар'єру і відвалу, град.; $\varphi_{рез}$ і $\beta_{рез}$ – відповідно результуючі кути схилів робочого і неробочого бортів кар'єру, град.; $\beta_{н.с.}$ – стійкий кут схилу неробочих бортів у торцях кар'єру, град.; β_n – кут схилу неробочих бортів у торцях кар'єру, град.

На основі використання показників ступеня концентрації гірничих робіт K_r , збільшення середньої відстані транспортування розкривних порід у внутрішній відвал Δ і внутрішньо кар'єрних транспортних комунікацій $\Delta \sum l_{\delta, \hat{E}}$ було розроблено методики вибору раціональних технологічних схем розкривних і видобувних робіт.

Алгоритм вибору раціональної технологічної схеми видобувних робіт для конкретного родовища враховує ступінь концентрації гірничих робіт у робочій зоні кар'єру і відповідно збільшення витрат на транспортування розкривних порід.

Гірничогеологічні і гідрогеологічні умови залягання пісків на родовищах Іршанського ГЗК, його фізико-механічні властивості й потужність пласта, а також наявність на комбінаті відповідного гірничо-транспортного обладнання обумовлюють застосування одноковшевих екскаваторів, які використовують у поєднанні з різноманітним транспортом або без нього, переміщуючи породу до місця розвантаження безпосередньо екскаватором. Тип екскаватора, транспорту та промивної установки має великий вплив на технологію розробки розсипних родовищ. Тому залежно від типу обладнання, що використовується, слід розрізняти окремі різновиди екскаваторних способів розробки, які відрізняються один від одного як технологією розробки, так і продуктивністю та собівартістю видобування.

Алгоритм вибору раціональної технологічної схеми видобувних робіт для конкретного родовища враховує ступінь концентрації гірничих робіт у робочій зоні кар'єру K_r і відповідні збільшення витрат на транспортування розкривних порід $\Delta Z_{тр}$.

При встановленні економічних показників, що характеризують кожну технологічну схему розкривних робіт, питомі сумарні витрати на видобуток корисної копалини визначаються з урахуванням збільшення експлуатаційних витрат на транспортування розкриття.

На діючих кар'єрах Іршанського ГЗК доцільним є застосування простої та ускладненої безтранспортної системи розробки з перевалкою порід розкриття у вироблений кар'єром простір екскаваторами ЕШ-10/70 та ЕШ-15/90 на розкривних роботах.

Подальша технологія видобувних робіт передбачає транспортну систему розробки з застосуванням гідромоніторно-землесосної установки і подачею піску напірним гідротранспортом на збагачувальну фабрику.

Видобувні роботи проводяться екскаваторно-гідролічним способом з розмивом заздалегідь розпушених екскаватором ЕШ-10/60 рудних пісків, рідше прямо виїнятих із забою. Екскаватором ЕШ-10/70 готується добувний уступ з робочим майданчиком, на якому розміщується добувний екскаватор

ЕШ-10/60 і забійна ґрунтова землесосна установка ГРТ-1600/50 і гідромонітори ГМН-250 для розмиву рудних пісків.

Розмивання навалу пісків може здійснюватись двома способами: зустрічним вибоєм – при напрямку потоку пульпи протилежному руху гідромоніторного струменя і попутним вибоєм – при напрямку потоку пульпи, який співпадає з рухом гідромоніторного струменя.

Приймається розмивання породи зустрічним вибоєм, так як такий спосіб забезпечує ефективне використання руйнуючої сили струменя гідромонітора, що сприяє інтенсивному руйнуванню пісків і їх розмиванню. Крім того використання розмиву пісків попутним вибоєм виключається у зв'язку з знаходженням гідромоніторної установки в зоні дії ковша екскаватора драглайна.

Максимальна висота навалу, що розробляється гідромонітором приймається 9 м. Ширина фронту робіт одного гідромонітора – 25–30 м.

Гідромонітори розташовуються на покрівлі корисної копалини на відстані 7 м від вибою з дотриманням правил безпеки. Така відстань дозволяє найбільш ефективно використовувати енергію струменя для завалювання великих об'ємів породи. Спочатку прямим ударом струменя підрізають породу по максимально можливій ширині вибою, а потім рівномірно змивають завалену і розпушену породу в канаву, по якій утворена пульпа відводиться в зумпф вибійної землесосної станції.

По довжині фронту добувної західки уступ розбивається на добувні блоки, на кожному з яких у процесі посування фронту встановлюється забійна установка і приймальний зумпф. Мінімальна відстань між зумпфами (забійними установками) прийнята рівною трьом радіусам черпання добувного екскаватора.

Параметри системи розробки можуть змінюватись залежно від конкретних гірничо-геологічних умов і технологічних умов розробки родовища.

Способи відпрацювання безпосередньо впливають на якість сировини, яку видобувають, обумовлюючи мінливість кускуватості і розубожіння сировини, вмісту в ній корисних компонентів. При застосуванні класу систем з відкритим очисним простором, що характеризуються незначним розубожінням рудної сировини, коливання якісних показників видобутої корисної копалини значною мірою визначається неоднорідністю масиву в контурах виймальних одиниць різних рівнів.

Висновки. Задля забезпечення найповнішого використання запасів, необхідно, щоб всі процеси, що пов'язані з видобуванням, відбувались в певній послідовності з застосуванням найбільш продуктивного транспорту та обладнання за вдосконаленою технологією робіт, що ґрунтується на останніх досягненнях науки та виробництва. Запропонована технологічна схема розробки розсипів полегшує організацію гірничих робіт і підвищує оперативність керування технологічним процесом, забезпечує достатньо високу повноту виймання корисних копалин з надр (витрати складають 10,2 %), характеризується простотою організації розкривних і добувних робіт, системою транспорту практично незалежною від погодних умов, додатковою дезінтеграцією продуктивних пісків під час розмиву їх гідромоніторами і при русі пульпи по трубопроводу на збагачувальну фабрику, спрощується процес гірничотехнічної рекультиваци порушених гірничими роботами земель за рахунок укладання розкривних порід у вироблений простір кар'єру, що дозволяє скоротити об'єми робіт по рекультиваци.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бизов В.Ф. Основи технології гірничого виробництва. Том IV «Виробничі процеси»: підручник / В.Ф. Бизов. – Кривий Ріг: Мінерал, 2000. – 247 с.
2. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Том 1. Металлические полезные ископаемые / К.Е. Есипчук, В.И. Калинин, Е.А. Кулиш и др. – Киев–Львов: Изд. «Центр Европы», 2005. – 785 с.
3. Дослідження українського ринку ільменітового концентрату [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.saleprice.com.ua/ua/pub/594.html>.
4. Ефремов Е.И. Техника и технология горного производства: сб. науч. трудов / Е.И. Ефремов // Институт геотехнічної механіки (Академія наук України). – К.: Наук. думка, 1993. – 163 с.
5. Металічні корисні копалини України: підручник / В.І. Шевченко, В.В. Огар та ін. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2007. – 463 с.
6. Новожиллов М.Г. Новая технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых / М.Г. Новожиллов, В.Г. Селянин. – К.: Гостехиздат УССР, 1961. – 205 с.
7. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых / М.Г. Новожиллов, В.С. Хохряков, Г.Д. Пчелкин и др.; под ред. М.Г. Новожилова. – М.: Недра, 1971. – 552 с.
8. Собко Б.Е. Выбор и обоснование показателей оценки технологических схем разработки россыпных месторождений / Б.Е. Собко // Збірник наук. праць НГУ. – 2007. – № 27. – С. 42–47.
9. Собко Б.Ю. Обґрунтування раціональних технологічних схем розробки розсипних родовищ України / Б.Ю. Собко // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. трудов / Ин-т

- геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 91. – 264 с.
10. Томаков П.И. Технология и механизация и организация открытых горных работ / П.И. Томаков, И.К. Наумов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : изд. МГИ, 1992. – 464 с.
 11. Четверик М.С. Технологии и технологические схемы разработки действующих техногенных месторождений / М.С. Четверик, Е.А. Бубнова, А.П. Семенов // Геотехническая механика : межвед. сб. науч. трудов / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2009. – Вып. 82. – 264 с.
 12. USGS science for a changing world. Titanium mineral concentrates [Електронний ресурс]. – Режим доступу : – <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/mcs-2011-timin.pdf>.

БАШИНСЬКА Марія Едуардівна – аспірант кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- маркшейдерія;
- гірництво.

Подано 23.09.2011

